

Perubahan Morfofisiologis Tanaman Terung pada Kondisi Muka Air Tanah Dangkal dan Tergenang di Fase Generatif

(Morphophysiological Alteration on Eggplant under Shallow Water Table Conditions and Waterlogging During Generative Stage)

Meihana Mei¹, Erna Siaga^{2*}, Benyamin Lakitan³

(Diterima September 2022/Disetujui Februari 2023)

ABSTRAK

Pada kondisi tidak optimum, umumnya tanaman akan memberi respons yang berbeda untuk dapat bertahan hidup. Respons tersebut berupa perubahan morfologi, anatomi, dan fisiologi. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan respons tanaman terung yang berada pada kondisi kekurangan oksigen akibat muka air tanah dangkal dan genangan di fase generatif sehingga dapat diketahui daya adaptasinya untuk dibudidayakan di lahan rawa. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2017–Januari 2018 di kolam percobaan yang berlokasi di Kelurahan Demang Lebar Daun, Palembang, dan di Laboratorium Terpadu Pascasarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang. Rancangan acak kelompok digunakan dengan perlakuan berupa kontrol (tanpa penggenangan, kapasitas lapangan), kedalaman muka air 13 cm, 8 cm, dan 3 cm di bawah permukaan tanah, dan genangan 2 cm di atas permukaan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman muka air 3 cm di bawah permukaan tanah dan genangan menurunkan laju relatif perluasan daun, bobot segar daun spesifik, dan kandungan air daun spesifik. Pada 6 hari sesudah perlakuan (HSP), genangan menurunkan kandungan klorofil sampai 31,29%, tetapi meningkatkan kandungan prolina dan mencapai konsentrasi tertinggi pada daun. Kedalaman muka air 3 cm di bawah permukaan tanah dan genangan menyebabkan pembentukan jaringan aerenkim di akar sejak 1 HSP. Pada 6 HSP kandungan klorofil meningkat, kandungan prolina menurun, dan tanaman terung mampu pulih kembali. Tanaman terung merupakan tanaman yang adaptif dan memiliki toleransi yang cukup tinggi terhadap muka air tanah dangkal dan genangan.

Kata kunci: adaptasi, aerenkim, prolina, toleran, rawa lebak

ABSTRACT

Under suboptimal conditions, plants generally respond differently to survive. Plant responses include changes in morphology, anatomy, and physiology. This study aimed to investigate the response of eggplant to lack of oxygen due to shallow water table and waterlogging in the generative stage and explored their adaptability to be cultivated in riparian wetlands. This research was conducted from October 2017 to January 2018 in an experimental pond in the village of Demang Lebar Daun Palembang and at the Postgraduate Integrated Laboratory, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University, Palembang. This study used a randomized block design with a shallow water table and waterlogging treatments: control (field capacity), water tables of 13 cm, 8 cm, and 3 cm below the soil surface (bss), and waterlogging 2 cm above the soil surface. The results showed that the water table 3 cm bss and waterlogging decreased the relative rate of leaf expansion, specific leaf fresh weight, and specific leaf water content. On the sixth day of the waterlogging treatment, the chlorophyll content decreased by 31.29%. On the other hand, the proline content in the leaves reached the highest level of concentration. After the sixth day, the chlorophyll content increased while the proline content decreased, and the eggplant recovered. Water table 3 cm bss and waterlogging caused the formation of aerenchyma tissue in the roots, which started one day after the treatment. Eggplant is an adaptive crop with a fairly high tolerance for shallow water tables and waterlogging.

Keywords: adaptation, aerenchyma, proline, riparian wetland, tolerance

PENDAHULUAN

Terung merupakan jenis komoditas sayuran buah yang banyak disukai masyarakat Indonesia. Tidak hanya memiliki nilai ekonomi yang tinggi, sayuran buah ini diketahui mengandung gizi yang cukup lengkap, terdiri atas protein, lemak, kalsium, fosforus, besi, vitamin A, vitamin B, vitamin C, dan kalium yang tinggi, kurang lebih 217 mg/100 g (Hasyim *et al.* 2016). Di samping itu,

¹ Program Studi Agroteknologi, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Sriwigama, Jl. Demang IV No.9, Lorok Pakjo, Palembang 30137

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewani, Universitas Bina Insan, Jln. Jendral Besar Moh. Soeharto KM. 13. Lubuk Linggau 36125

³ Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32, Palembang 30662

* Penulis Korespondensi:

E-mail: emasiaga@univbinainsan.ac.id

alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid, fenolik, dan saponin yang terkandung di dalam ekstrak kulit terung berkhasiat sebagai antimalaria (Haris *et al.* 2020).

Di Indonesia, tanaman terung umumnya banyak dibudidayakan di lahan kering. Ketersediaan lahan kering untuk budi daya sayuran saat ini semakin berkurang akibat alih fungsi lahan guna memenuhi kebutuhan akan perumahan dan lahan industri. Kondisi ini menyebabkan perlunya mengoptimalkan lahan basah yang banyak tersebar di wilayah Indonesia seperti di Pulau Sumatera, Kalimantan, Papua, dan Sulawesi (Alwi *et al.* 2017).

Lahan basah merupakan lahan suboptimum yang berpotensi untuk ditanami sayur-sayuran, salah satunya ialah lahan rawa lebak. Beberapa tanaman sayuran yang dibudidayakan di lahan rawa lebak di antaranya terung, buncis, cabe, kacang panjang, dan tomat (Djafar 2013). Akan tetapi, praktik budi daya tanaman masih lebih dominan pada budi daya tanaman padi. Hal ini berkaitan dengan banyaknya kendala agronomis yang dihadapi petani pada praktik budi daya tanaman sayuran (Lakitan *et al.* 2018; 2019). Salah satu kendala tersebut adalah kondisi kelebihan air di daerah perakaran akibat mulai naiknya muka air tanah pada awal musim penghujan hingga kondisi banjir tergenang.

Budi daya sayuran di lahan bertipologi basah ini membutuhkan perlakuan ekstra. Praktik budi daya pada kondisi banjir sendiri sudah banyak diteliti dengan cara mempraktikkan budi daya tanaman secara terapung baik untuk pembibitan padi maupun budi daya sayuran daun (Siaga *et al.* 2018; 2019; 2021a; 2021b). Hal sebaliknya untuk praktik budi daya pada kondisi muka air tanah dangkal dan genangan yang menyebabkan ketersediaan oksigen di daerah perakaran menjadi terbatas. Kekurangan oksigen pada tanaman dapat merusak akar dan menghambat pertumbuhan (Xu *et al.* 2020). Organ tanaman yang paling sensitif terhadap kondisi kekurangan oksigen adalah akar dan daun yang dapat dilihat pada variabel luas daun, laju perluasan daun, bobot daun, kandungan air daun, dan perubahan pada jaringan akar (Meihana *et al.* 2022). Kekurangan oksigen juga merusak organ tanaman. Bagian tanaman yang rusak lebih dulu ialah akar (Meihana *et al.* 2023). Kerusakan lain pada tanaman yang diakibatkan oleh hipoksia dan anoksia berupa menurunnya laju pertumbuhan tanaman, daun menguning akibat defisiensi hara, epinasti (pemanjangan batang), dan rebah batang. Sementara kerusakan pada metabolisme adalah menurunnya laju fotosintesis akibat tertutupnya stomata dan hambatan masuknya CO₂.

Tanaman yang berada pada kondisi hipoksia dan anoksia dapat bertahan hidup melalui mekanisme metabolik (Ashraf 2012), yakni penyesuaian osmotik (*osmotic adjustment*) dengan meningkatkan konsentrasi prolina dalam jaringan daun (Fichman *et al.* 2015; Meihana *et al.* 2022; 2023). Pada tanaman, prolina

disintesis dari glutamat yang direduksi menjadi glutamatsemialdehida (GSA) oleh enzim pirolin-5-karboksilat sintetase (P5CS) (Szabados *et al.* 2010), kemudian secara spontan GSA diubah menjadi pirolin-5-karboksilat (P5C) (Delauney *et al.* 1993). P5C direduksi oleh pirolin-5-karboksilat reduktase (P5CR) menjadi prolina (Kaur *et al.* 2015).

Pertumbuhan tanaman terung dalam kondisi kekurangan oksigen (muka air tanah dangkal) dan tanpa oksigen (tergenang) masih banyak yang belum diungkap. Sehubungan dengan hal tersebut, respons morfofisiologis tanaman terung terhadap muka air tanah dangkal dan genangan selama fase generatif perlu dikaji.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di kolam percobaan di Macan Kumbang (2°58'24.2"S; 104°43'12.5"E) Kelurahan Demang Lebar Daun, Kecamatan Ilir Barat I, Kota Palembang. Pelaksanaannya dari Oktober 2017 sampai Januari 2018, menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri atas perlakuan muka air tanah dangkal dan genangan, dan setiap perlakuan diulang 3 kali. Perlakuan muka air tanah dangkal dan genangan tersebut terdiri atas kontrol (kapasitas lapangan), K-13 (kedalaman muka air 13 cm di bawah permukaan tanah), K-8 (kedalaman muka air 8 cm di bawah permukaan tanah), K-3 (kedalaman muka air 3 cm di bawah permukaan tanah), dan G+2 (genangan 2 cm di atas permukaan tanah).

Bahan yang digunakan meliputi benih tanaman terung hibrida varietas SM 2405, tanah, arang sekam, kompos, pupuk NPK, dan pestisida. Alat yang digunakan berupa bak semen, polibag ukuran 40 cm × 50 cm, *chlorophyll meter* (Konica Minolta SPAD-502 Plus), dan mikroskop trinokular (OptiLab).

Benih terung direndam di dalam air selama 3 jam, lalu dikecambahkan pada kain basah selama 3 hari dan bila telah berkecambah disemai pada nampan semai yang diisi dengan media campuran tanah, kompos, dan arang sekam padi (1:1:1/v:v:v). Bibit berumur 3 pekan (memiliki 3 helai daun) dipindah tanam ke dalam polibag. Media tanam dimasukkan ke dalam polibag sampai ketinggian media 30 cm. Media tanam dibuat dari campuran tanah, kompos dan sekam padi (1: 1: 1/ v:v:v). Di setiap polibag ditanam satu bibit yang memiliki pertumbuhan optimal dan seragam. Dosis pupuk NPK (15:15:15) yang diaplikasikan pada saat tanam adalah 6 g tanaman⁻¹. Pupuk diberikan dalam larikan melingkar dengan jarak 8 cm dari tanaman.

Perlakuan Muka Air Tanah Dangkal

Setelah memasuki fase generatif (50% dari populasi telah berbunga), tanaman disusun dalam bak perlakuan lalu diisi air sesuai kedalaman muka air tanah yang telah

ditentukan, yaitu K-13 (kedalaman muka air 13 cm di bawah permukaan tanah), K-8 (kedalaman muka air 8 cm di bawah permukaan tanah), K-3 (kedalaman muka air 3 cm di bawah permukaan tanah), dan G+2 (genangan 2 cm di atas permukaan tanah) (Gambar 1). Ketinggian muka air tanah dalam bak diatur agar konstan dengan membuat lubang di dinding bak pada ketinggian sesuai dengan perlakuan. Jika terjadi hujan, air akan keluar melalui lubang tersebut. Sebagai kontrol, tanaman ditempatkan di luar bak perlakuan dan disiram pagi dan sore hari.

Pemeliharaan dan Pengamatan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pemupukan, pengendalian gulma, hama, dan penyakit tanaman. Tanaman disiram pada pagi dan sore hari, dan dipupuk sejak tanaman berumur 1 pekan setelah-tanam dengan dosis 6 g tanaman⁻¹. Selanjutnya, tanaman dipupuk dengan interval waktu 2 pekan. Gulma dikendalikan secara manual, dan hama dan penyakit dikendalikan dengan menggunakan pestisida. Respons pertumbuhan tanaman diamati pada beberapa tahap, yaitu sesaat sebelum perlakuan (SPD), 1 hari setelah perlakuan (1 HSP), 3 hari setelah perlakuan (3 HSP), 6 hari setelah perlakuan (6 HSP), dan 7 hari masa pemulihan (*recovery* = 7R).

Respons yang diukur terdiri atas luas daun (LA), laju relatif perluasan daun (RLER), bobot segar daun spesifik (SLFW), kandungan air daun spesifik (SLWC), dan jaringan aerenkima akar. Luas daun diukur menggunakan formula LA terung = 0,697LW (L = panjang; W = lebar); laju perluasan relatif daun diukur dengan rumus LER relatif (cm² cm⁻²) = 1/LA_i (Δ (LA_(i+3)-LA_i))/Δt, bobot segar daun spesifik dihitung menggunakan rumus SLFW (mg/cm² = FW/LA), dan kandungan air daun spesifik ditetapkan dengan menggunakan rumus SLWC (mg/cm²) = (FW - DW)/LA. Jaringan aerenkim akar diamati di bawah mikroskop trinokuler dengan perbesaran 100x. Kandungan klorofil daun diukur menggunakan alat *chlorophyll meter*. Kandungan prolina daun

ditetapkan di laboratorium dengan mengacu pada metode Bates (1973).

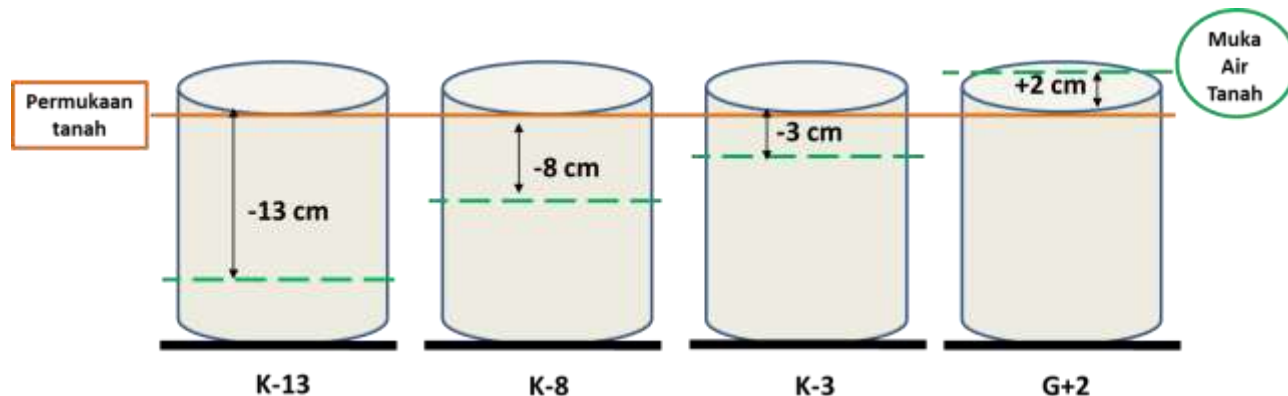
HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Relatif Perluasan Daun (RLER)

Sinyal yang paling sensitif untuk menunjukkan stres, baik hipoksia maupun anoksia pada tanaman, terjadi pada organ daun. Pengamatan terus menerus pada luas daun (LA) dimaksudkan untuk menganalisis pertumbuhan dan perkembangan tanaman selama kondisi stres. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan bahwa kedalaman muka air tanah 3 cm dari permukaan tanah dan genangan menekan RLER (Gambar 2). Secara umum RLER memperlihatkan kecenderungan menurun dengan bertambahnya usia daun. Berdasarkan data terlihat bahwa meskipun RLER cenderung sama untuk semua perlakuan, selama 6 hari perlakuan diterapkan perlakuan muka air tanah dangkal dan genangan memperlihatkan laju perluasan daun yang lebih tinggi daripada kontrol.

Pada Gambar 2 jelas terlihat bahwa tanaman pada perlakuan kedalaman muka air tanah 3 cm di bawah permukaan tanah dan genangan memiliki RLER lebih rendah daripada kontrol. Hal ini karena daun merupakan organ tanaman yang paling sensitif terhadap stres hipoksia. Kondisi hipoksia pada muka air tanah dangkal memicu perubahan morfologi pada tanaman seperti penurunan luas daun, mengurangi tingkat ekspansi daun, dan mengurangi kadar air daun (Bradford & Hsiao 1982; Ashraf 2012; Aldana *et al.* 2014). Hal yang berbeda terjadi pada tanaman tomat. Meihana *et al.* (2017) menunjukkan bahwa muka air tanah pada kedalaman 5 cm dan 10 cm tidak menahan laju RLER sehingga tidak memengaruhi pertumbuhan tomat.

RLER maksimum terjadi pada fase awal perkembangan daun (Kalve *et al.* 2014) dan cenderung menurun dengan bertambahnya usia daun. Hal menarik yang ditemukan pada penelitian ini ialah bahwa tanaman



Gambar 1 Ilustrasi perlakuan kedalaman perlakuan muka air tanah dan perendaman.

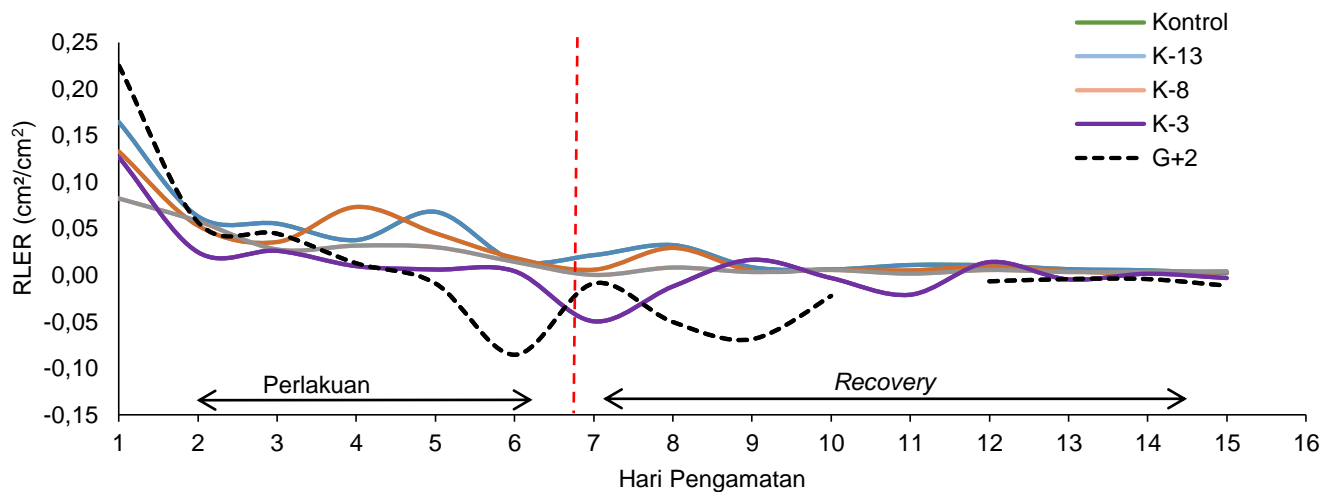
terung memiliki toleransi yang cukup baik terhadap kondisi tergenang; daun tidak mati hingga hari ke-6 tergenang. Selain itu tanaman ini juga mampu bertahan dan bertumbuh selama masa pemulihan. Kemampuan toleransi tanaman terung dipengaruhi oleh anatomi jaringan daun yang tebal. Terdapat hubungan yang nyata antara ketebalan daun dan kandungan airnya (Marenco *et al.* 2009). Oleh karena itu pada saat ada gangguan dalam penyerapan air, daun terung tidak cepat layu karena kandungan airnya cukup dan tanaman dapat pulih selama periode pemulihan.

Bobot Segar Daun Spesifik (SLFW) dan Kandungan Air Daun Spesifik (SLWC)

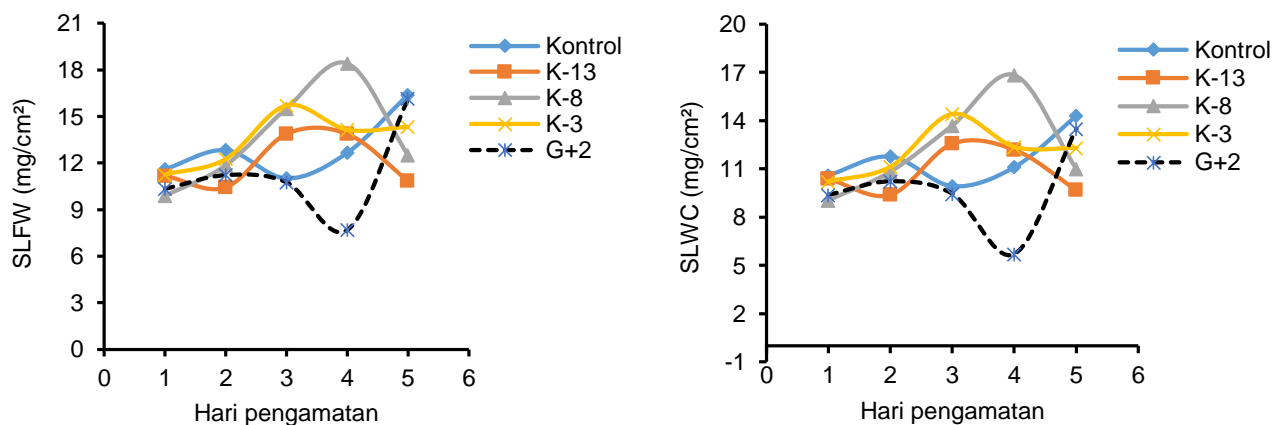
Dalam kajian ini, SLFW dan SLWC tanaman terung

pada perlakuan genangan lebih rendah daripada kontrol dan menurun pada hari ke-6 setelah perlakuan diberikan. Pada perlakuan lainnya, nilai SLFW dan SLWC lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dan cenderung meningkat hingga hari ke-6 setelah perlakuan. Pada masa pemulihan, SLFW dan SLWC menurun kecuali untuk perlakuan genangan dan kontrol (Gambar 3).

Terjadi penurunan SLFW dan SLWC daun terung selama mengalami muka air tanah dangkal dan genangan, dan bahkan hampir tidak meningkat selama masa pemulihan. Selama mengalami muka air tanah dangkal, akar tanaman kekurangan oksigen (hipoksia) dan pada saat tergenang tanaman tidak mendapatkan oksigen dari dalam tanah (anoksia). Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan akar terganggu dan akhirnya



Gambar 2 Laju pertumbuhan luas daun relatif (RLER) tanaman terung pada muka air tanah dangkal dan genangan. Garis merah putus-putus merupakan awal masa pemulihan. Garis hitam terputus akibat daun mengalami layu dan rontok.



Gambar 3 SLFW dan SLWC daun terung pada kondisi muka air tanah dangkal dan genangan. Pada 6 HSP daun tanaman layu dan mati (garis hitam putus-putus) dan pada masa pemulihan (R7) daun tumbuh kembali. K-13 (muka air tanah 13 cm di bawah permukaan tanah), K-8 (muka air tanah 8 cm di bawah permukaan tanah), K-3 (muka air tanah 3 cm di bawah permukaan tanah), dan G+2 (tergenang 2 cm di atas permukaan tanah).

rusak. Kerusakan akar menyebabkan gangguan pada proses penyerapan air sehingga menurunkan kandungan air tanaman, terutama kandungan air daun; akibatnya potensi air daun dan potensi osmotik menurun (Gorai *et al.* 2011). Anee *et al.* (2019) membuktikan bahwa genangan yang lama menyebabkan penurunan kandungan air relatif. Pada penelitian ini diketahui bahwa muka air tanah dangkal dan genangan menurunkan SLWC sehingga bobot segar daun (SLFW) juga menurun.

Selama masa pemulihan, SLFW dan SLWC tidak meningkat. Setelah tanaman tidak lagi berada dalam bak perlakuan, kondisi media tanam masih belum optimum bagi pertumbuhan tanaman karena kelembapan media tanam berkurang akibat evaporasi. Kerusakan akar akibat terpapar pada muka air tanah dangkal dan genangan serta laju transpirasi yang cukup tinggi menyebabkan tanaman tidak dapat mengimbangi kehilangan air melalui evaporasi tersebut walaupun tanaman telah disiram. Pada kondisi ini, SLWC dan SLFW menjadi rendah. Kajian ini menunjukkan bahwa waktu 7 hari pemulihan belum cukup untuk mengembalikan kemampuan akar menyerap air dengan baik.

Pembentukan Jaringan Aerenkhima

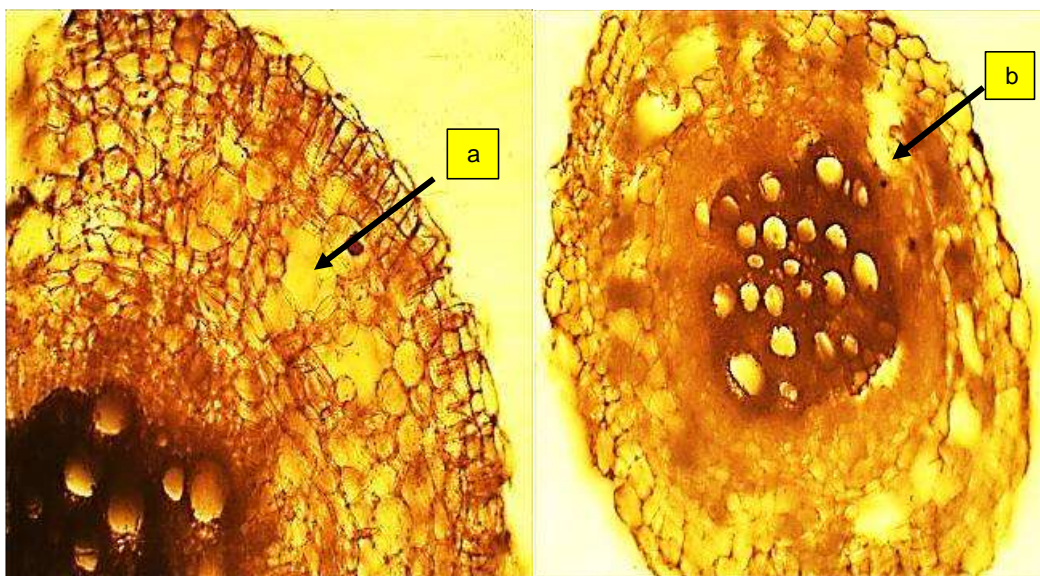
Berdasarkan hasil pengamatan pada jaringan akar tanaman terung, ditemukan bahwa kondisi genangan dan muka air tanah dangkal pada kedalaman 3 cm di bawah permukaan media, menyebabkan terbentuknya jaringan aerenkhima sejak satu hari perlakuan diterapkan (Gambar 4a; 3b). Akar sebagai organ tanaman yang berfungsi menyerap air dan unsur hara, sangat responsif terhadap kondisi muka air tanah dangkal dan genangan.

Pada kondisi muka air tanah dangkal dengan kedalaman 3 cm di bawah permukaan tanah, ruang pori tanah hampir penuh terisi air sehingga transfer oksigen berlangsung lambat (Elmsehli *et al.* 2015) dan pada kondisi tergenang ruang pori penuh terisi air maka tanaman terung mengalami anoksia. Pada kondisi hipoksia atau anoksia, tanaman akan membentuk jaringan aerenkim di akar (Deshmuk *et al.* 2019).

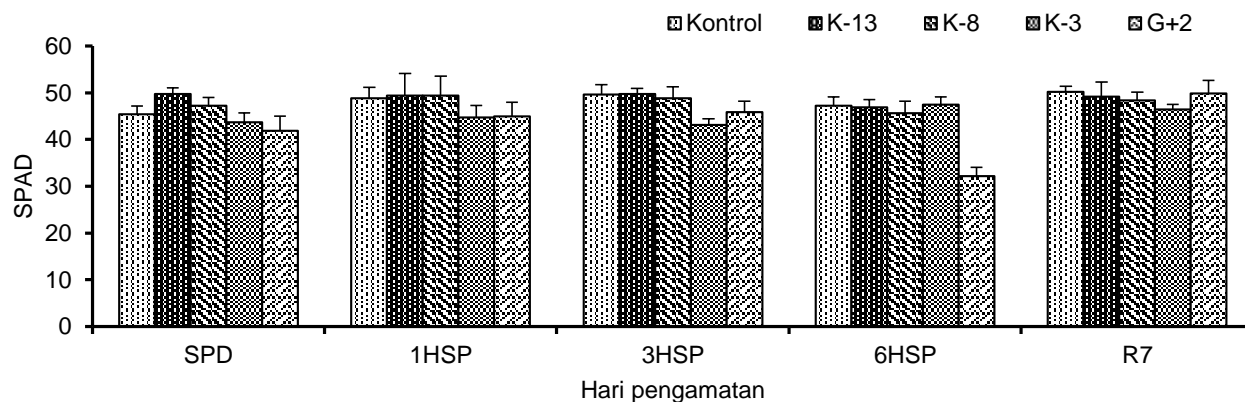
Aerenkim yang terbentuk pada akar tanaman terung dalam penelitian ini menunjukkan bahwa adalah tipe aerenkim lisigen (*lysigenous*). Aerenkim lisigen terbentuk karena kematian dan meleburnya sel-sel dewasa (Thomas *et al.* 2005; Jackson & Colmer 2005; Takahashi *et al.* 2014). Jaringan aerenkim tersebut mampu menyimpan udara karena mempunyai ruang sel yang besar. Pembentukan jaringan aerenkim di akar menjamin ketersediaan oksigen bagi aktivitas metabolisme dalam tanaman sehingga membantu tanaman bertahan dalam kondisi hipoksia (Takahashi *et al.* 2014). Aerenkim akar yang terbentuk dalam kondisi tergenang air mensuplai oksigen dari udara ke sistem akar secara menyeluruh. Oksigen yang disuplai digunakan untuk respirasi sistem akar (Sakagami *et al.* 2020).

Kandungan Klorofil (SPAD)

Kandungan klorofil daun diukur pada saat perlakuan dimulai (SPD), 1 HSP, 3 HSP, 6 HSP, dan 7R. SPAD terung mulai dari saat perlakuan dimulai (SPD) hingga masa pemulihan (7R) menunjukkan tren yang sama antarperlakuan (Gambar 5), kecuali untuk perlakuan genangan yang menurun pada 6 HSP (31,29%). Perlakuan muka air tanah dangkal dan genangan menurunkan kandungan klorofil daun. Penurunan terjadi karena



Gambar 4 Panah hitam adalah jaringan aerenkim akar terung (a) pada perlakuan muka air tanah 3 cm di bawah permukaan tanah (K-3) dan jaringan aerenkim akar terung (b) pada perlakuan genangan (G+2).



Gambar 5 Kandungan klorofil daun terung pada beberapa muka air tanah dan genangan pada SPD (saat perlakuan dimulai), 1 HSP (1 hari setelah perlakuan), 3 HSP, 6 HSP, dan R7 (masa pemulihan). Garis vertikal merupakan simpangan baku.

selama terpapar pada kondisi muka air tanah dangkal dan genangan, tanaman terhambat dalam mengabsorpsi air. Kekurangan air menyebabkan perubahan pada morfologi dan fisiologi tanaman. Perubahan dapat berupa penurunan luas daun, peningkatan sensitivitas stomata, dan penurunan kapasitas fotosintesis (Osakabe *et al.* 2014; Fang *et al.* 2015).

Penurunan luas daun menyebabkan berkurangnya laju fotosintesis per satuan luas daun. Selain itu, fotosintesis dan transpirasi menurun secara nyata akibat penurunan *stomata conductance* dan *chlorophyll fluorescence*. Penutupan stomata sebagai respons tanaman terhadap kekurangan air menghambat masuknya CO₂ sebagai bahan baku fotosintesis. Ketersediaan air yang kurang dan laju fotosintesis yang menurun akan menghambat sintesis klorofil (Siaga *et al.* 2019).

Pada saat tanaman tergenang dan muka air tanah 3 cm di bawah permukaan media, sebagian besar akar tanaman rusak. Kondisi ini menghambat laju penyerapan air dan unsur hara oleh akar, akibatnya unsur hara yang dibutuhkan untuk membentuk klorofil menjadi tidak tersedia bagi daun. Beberapa penelitian membuktikan bahwa kekurangan unsur hara yang berperan dalam pembentukan klorofil seperti Ca, S, Mg, K, N, P, dan Fe (Kalaji *et al.* 2014) menyebabkan penurunan kandungan klorofil. Penelitian lain menunjukkan bahwa kekurangan air meningkatkan degradasi klorofil (Hazrati *et al.* 2016). Hal ini juga yang menjelaskan mengapa kandungan klorofil menurun dengan semakin lama terkena cekaman muka air tanah dangkal dan genangan.

Kandungan Prolina Daun

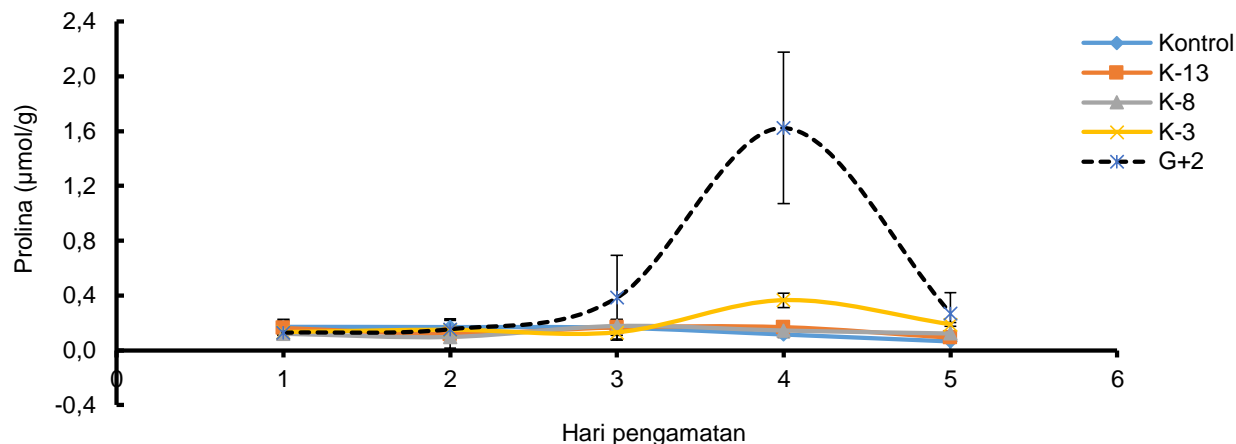
Kandungan prolina tanaman terung yang mengalami genangan meningkat setelah tergenang selama tiga hari dan terus meningkat sampai 6 HSP; tetapi setelah memasuki masa pemulihan kandungan prolina menurun (Gambar 6). Penurunan kandungan klorofil pada daun terung diikuti oleh meningkatnya kadar prolina, dengan

kata lain, ada korelasi negatif antara kandungan klorofil dan kandungan prolina pada daun terung.

Perlakuan tergenang dan muka air tanah 3 cm di bawah permukaan tanah meningkatkan akumulasi prolina pada daun terung. Pada kondisi kedalaman muka air tanah 3 cm di bawah permukaan tanah dan tergenang terjadi kerusakan akar tanaman yang mengakibatkan laju penyerapan air oleh akar terhambat, sehingga tanaman kekurangan air. Kekurangan air yang terjadi pada fase generatif (pada jaringan reproduksi) akan menyebabkan kerusakan serius pada sel tanaman dan kerusakan tersebut diatasi oleh tanaman dengan mengakumulasi prolina (Mattioli *et al.* 2009). Selain itu, akumulasi prolina juga disebabkan oleh potensi air sel yang menurun sehingga volume sel menjadi berkurang, maka zat terlarut dalam sel akan terkonsentrasi. Selanjutnya Turner (2018) menjelaskan bahwa jika terjadi penumpukan zat terlarut (prolina) sebagai respons terhadap dehidrasi sel, maka potensial osmotik menurun sehingga turgor sel akan dapat dipertahankan oleh tanaman. Pada penelitian ini akumulasi tertinggi terjadi pada 6 HSP dan mulai menurun setelah tanaman memasuki masa pemulihan (R7). Penurunan kandungan prolina mengindikasikan bahwa tanaman terung mampu pulih kembali setelah perlakuan dihentikan. Kondisi yang sama ditemukan oleh Sarker *et al.* (2005), bahwa sintesis prolina pada tanaman terung meningkat selama stres meningkat dan kembali ke tingkat awal setelah memasuki masa pemulihan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan genangan dan muka air tanah 3 cm di bawah permukaan tanah menekan laju perluasan daun, sedangkan perlakuan muka air tanah >3 cm di bawah



Gambar 6 Kandungan prolina daun terung pada G+2 mulai meningkat pada 3 HSP dan kandungan tertinggi dicapai pada 4 HSP. Setelah perlakuan dihentikan, prolina mulai menurun dan semakin menurun selama masa pemulihan (R7). Garis vertikal merupakan simpangan baku.

permukaan tanah tidak menurunkan nilai SLFW dan SLWC tanaman terung, tetapi sebaliknya pada perlakuan genangan. Tanaman terung mampu beradaptasi pada kondisi muka air tanah dangkal dan genangan dengan membentuk jaringan aerenkim di organ akar dan mengakumulasi prolina di organ daun sehingga terung termasuk tanaman sayuran buah yang cukup tinggi toleransinya terhadap muka air tanah 3 cm di bawah permukaan tanah dan genangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Ristekdikti) Program Pendanaan Penelitian Disertasi Doktor (PDD) Tahun Anggaran 2018 (SK Dirjen Penguatan Risbang nomor 3/E/KPT/2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Aldana F, García PN, Fischer G. 2014. Effect of waterlogging stress on the growth, development and symptomatology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plants. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 38(149): 393–400. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.114>
- Alwi M. 2017. "Potensi dan Karakteristik Lahan Rawa Lebak" [Internet]. [diunduh 2023 Feb 16]. Tersedia pada: <http://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/6628>.
- Anee TI, Nahar K, Rahman A, Mahmud JA, Bhuiyan TF, Alam MU, Fujita M, Hasanuzzaman M. 2019. Oxidative damage and antioxidant defense in *Sesamum indicum* after different waterlogging durations. *Plants*. 8(7): 196.. <https://doi.org/10.3390/plants8070196>
- Ashraf M. 2012. Waterlogging stress in plants: a review. *African Journal of Agricultural Research*. 7(13): 1976–1981. <https://doi.org/10.5897/AJARX11.084>
- Bates LS. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205–207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
- Bradford KJ, Hsiao TC. 1982. Stomatal behavior and water relations of waterlogged tomato plants. *Plant Physiology*. 70(5): 1508–1513. <https://doi.org/10.1104/pp.70.5.1508>
- Delauney AJ, Verma DPS. 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *The Plant Journal*. 4(2): 215–223. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1993.04020215.x>
- Deshmukh SA, Gaikwad DK. 2019. Effect of water stress and waterlogging stress on leaf water relations in a medicinally important plant *Basella alba* L. (Basellaceae). *Plant Archives*. 19(2): 1737–1740.
- Djafar ZR. 2013. Kegiatan agronomis untuk meningkatkan potensi lahan lebak menjadi sumber pangan. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 2(1): 58–67.
- Elmsehli S, Jemil J, Smiti-Achi S. 2015. Physiological responses of *Medicago truncatula* growth under prolonged hypoxia stress. *African Journal of Agricultural Research*. 10(31): 3073–3079. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9935>

- Fang Y, Xiong L. 2015. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 72(4): 673–689. <https://doi.org/10.1007/s00018-014-1767-0>
- Fichman Y, Gerdes SY, Kovács H, Szabados L, Zilberstein A, Csonka LN. 2015. Evolution of proline biosynthesis: enzymology, bioinformatics, genetics, and transcriptional regulation. *Biological Reviews*. 90(4): 1065–1099. <https://doi.org/10.1111/brv.12146>
- Gorai M, Ennajeh M, Song J, Khemira H, Neffati M. 2011. Changes in leaf gas exchange, water relations, biomass production and solute accumulation in *Phragmites australis* under hypoxic conditions. *Acta Ecologica Sinica*. 31(2): 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2010.12.003>
- Haris MF, Kahtan MI, Widyantoro A. 2020. Efektivitas ekstrak etanol kulit buah terung ungu (*Solanum melongena* L.) sebagai antimalaria terhadap jumlah eosinofil pada mencit (*Mus musculus*) yang diinduksi *Plasmodium berghe*. *Jurnal Sains Farmasi dan Klinis*. 7(2): 107–114. <https://doi.org/10.25077/jsfk.7.2.107-114.2020>
- Hasyim A, Setiawati W, Liferdi. 2016. Kutu kebul *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) penyebar penyakit virus mosaik kuning pada tanaman terung. *Iptek Hortikultura*. 12: 50–54
- Hazrati S, Tahmasebi-Sarvestani Z, Modarres-Sanavy SAM, Mokhtassi-Bidgoli A, Nicola S. 2016. Effects of water stress and light intensity on chlorophyll fluorescence parameters and pigments of *Aloe vera* L. *Plant Physiology and Biochemistry*. 106:141–148. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.04.046>
- Jackson MB, Colmer TD. 2005. Response and adaptation by plants to flooding stress. *Annals of Botany*. 96(4): 501–505. <https://doi.org/10.1093/aob/mci205>
- Kalaji HM, Oukarroum A, Alexandrov V, Kouzmanova M, Brestic M, Zivcak M, Samborska IA, Cetner MD, Allakhverdiev SI, Goltsev V. 2014. Identification of nutrient deficiency in maize and tomato plants by *in vivo* chlorophyll a fluorescence measurements. *Plant Physiology and Biochemistry*. 81: 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.03.029>
- Kalve S, Fotschki J, Beeckman T, Vissenberg K, Beemster GT. 2014. Three-dimensional patterns of cell division and expansion throughout the development of *Arabidopsis thaliana* leaves. *Journal of Experimental Botany*. 65: 6385–6397. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru358>
- Kaur G, Asthir B. 2015. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. *Biologia Plantarum*. 59(4): 609–619. <https://doi.org/10.1007/s10535-015-0549-3>
- Lakitan B, Hadi B, Herlinda S, Siaga E, Widuri LI, Kartika K, Lindiana L, Yunindyawati Y, Meihana M. 2018. Recognizing farmers' practices and constraints for intensifying rice production at Riparian Wetlands in Indonesia. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*. 85: 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.05.004>
- Lakitan B, Lindiana L, Widuri LI, Kartika K, Siaga E, Meihana M, Wijaya A. 2019. Inclusive and ecologically-sound food crop cultivation at tropical non-tidal wetlands in Indonesia. *Journal of Agricultural Science*. (41): 23–31. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v40i0.1717>
- Marengo RA, Antezana-Vera SA, Nascimento HCS. 2009. Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. *Photosynthetica*. 47(2): 184–190. <https://doi.org/10.1007/s11099-009-0031-6>
- Mattioli R, Costantino P, Trovato M. 2009. Proline accumulation in plants: not only stress. *Plant Signaling & Behavior*. 4(11): 1016–1018. <https://doi.org/10.4161/psb.4.11.9797>
- Meihana M, Lakitan B, Harun MU, Widuri LI, Kartika K, Siaga E, Kriswantoro H. 2017. Steady shallow water table did not decrease leaf expansion rate, specific leaf weight, and specific leaf water content in tomato plants. *Australian Journal of Crop Science*. 11(12): 1635–1641. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.12.pne808>
- Meihana M, Lakitan B. 2022. The impact of groundwater level stress on the morphological, anatomical and physiological of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the generative phase. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budi Daya Perairan*. 20(2): 280–291. <https://doi.org/10.32663/ja.v20i2.3248>
- Meihana M, Lakitan B, Harun MU, Susilawati, Siaga E, Widuri LI, Kartika K. 2023. Proline accumulation and growth of bean leaf (*Phaseolus vulgaris* L.) with biochar application in the shallow water table environment. *Journal of Tropical Crop Science*. 10(1): 46–56. <https://doi.org/10.29244/jtcs.10.1.46-56>
- Osakabe Y, Osakabe K, Shinozaki K, Tran LSP. 2014. Response of plants to water stress. *Frontiers in Plant Science*. 5: 86. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086>
- Sarker BC, Hara M, Uemura M. 2005. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of

- eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Scientia Horticulturae*. 103(4): 387–402. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.07.010>
- Sakagami JI, Iwata Y, Nurrahma AHI, Siaga E, Junaedi A, Yabuta S. 2020. Plant adaptations to anaerobic stress caused by flooding. Dalam: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volume 418. 1st International Conference on Sustainable Plantation (1st ICSP 2019)*. IPB International Convention Center Bogor, Indonesia, 20–22nd August 2019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012080>
- Siaga E, Lakitan B, Bernas SM, Wijaya A, Lisda R, Ramadhani F, Widuri LI, Kartika K, Meihana M. 2018. Application of floating culture system in chili pepper (*Capsicum annum* L.) during prolonged flooding period at riparian wetland in Indonesia. *Australian Journal of Crop Science*. 12(5): 808–816. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.05.PNE1007>
- Siaga E, Lakitan B, Hasbi, H, Bernas SM, Widuri LI, Kartika K. 2019. Floating seedbed for preparing rice seedlings under unpredictable flooding occurrence at tropical riparian wetland. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 25(2): 326–336.
- Siaga E, Sakagami JI, Lakitan B, Yabuta S, Hasbi H, Bernas SM, Kartika K, Widuri LI. 2019. Morphophysiological responses of chili peppers (*Capsicum annum*) to short-term exposure of water-saturated rhizosphere. *Australian Journal of Crop Science*. 13(11): 1865–1872. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.11.p2046>
- Siaga E, Lakitan B. 2021a. Budi daya terapung tanaman sawi hijau dengan perbedaan dosis pupuk NPK, ukuran polibag, dan waktu pemupukan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 26(1): 136–142. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.136>
- Siaga E, Lakitan B. 2021b. Pembibitan padi dan budi daya sawi hijau sistem terapung sebagai alternatif budi daya tanaman selama periode banjir di lahan rawa lebak, Pemulutan, Sumatera Selatan. *Abdimas Unwahas*. 6(1): 1–6. <https://doi.org/10.31942/abd.v6i1.4424>
- Szabados L, Savoure A. 2010. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*. 15(2): 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.009>
- Takahashi H, Yamauchi T, Colmer TD, Nakazono M. 2014. *Aerenchyma formation in plants. In Low-Oxygen Stress in Plants*. Springer, Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1254-0_13
- Thomas AL, Guerreiro SMC, Sodek L. 2005. Aerenchyma formation and recovery from hypoxia of the flooded root system of nodulated soybean. *Annals of Botany*. 96(7): 1191–1198. <https://doi.org/10.1093/aob/mci272>
- Turner NC. 2018. Turgor maintenance by osmotic adjustment: 40 years of progress. *Journal of Experimental Botany*. 69(13): 3223–3233. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery181>
- Xu C, Chen L, Chen S, Chu G, Wang D, Zhang X. 2020. Effects of rhizosphere oxygen concentration on root physiological characteristics and anatomical structure at the tillering stage of rice. *Annals of Applied Biology*. 177(1): 61–73. <https://doi.org/10.1111/aab.12589>